

# 「第25回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム」開催報告

濱田 秀則\*1・一ノ瀬 寛幸\*2

## 1. はじめに

公益社団法人プレストレストコンクリート工学会主催による「第25回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム」が、平成28年10月20日(木)、21日(金)の2日間にわたり、福岡県北九州市の北九州国際会議場と西日本総合展示場(AIM)において開催された。

北九州市は、九州第2の都市で、人口およそ96万人を有する政令指定都市である。九州の最北端に位置し、北は日本海(響灘)、東は瀬戸内海(周防灘)に面し、関門海峡を挟んで本州と向かい合う。日本の近代化から工業が盛んな街で、平成27年には官営八幡製鐵所関連施設が世界文化遺産に登録された。また高度経済成長期に公害問題が深刻化した。その問題を克服し世界を代表する環境の町となっている。北九州市は「国家戦略特区」の指定を受けており、橋梁やトンネルといった公共インフラの点検ロボットの開発などにも取り組んでいる。

シンポジウムの前日には「ものづくりの街」の象徴でもある製鐵所や紫川橋梁群の見学会も開催されている。ここに本シンポジウムの概要について報告する。

## 2. 日 程

1) 開催日時：平成28年10月20日(木) 10:00～18:00  
平成28年10月21日(金) 9:00～17:20

2) 開催場所：北九州国際会議場  
北九州市小倉北区浅野 3-9-30  
西日本総合展示場(AIM)  
北九州市小倉北区浅野 3-8-1

3) 特別講演：

I 「CONDITION ASSESSMENT AND DURABILITY OF POST-TENSIONED BRIDGES」

SDR Engineering Consultants, Inc

Dr. Mohsen Shahawy 様

II 「長寿命PC構造物へ

－コンクリート構造物と長く付き合うために！－

京都大学 宮川豊章 様

4) ワークショップ：

「高強度鉄筋緊張PRCの研究と設計指針の作成委員会」  
委員会報告

Topics in Precast/Prestressed systems in US high seismic regions

環境先端都市 北九州市の歩みと地方創生の取組み

5) 一般講演 16セッション・146講演

6) 八幡製鐵所見学と紫川橋梁群の視察(平成28年10月19日 12:50～18:00)



写真 - 1 井上 晋 実行委員長 挨拶



写真 - 2 西山峰広 会長 挨拶



写真 - 3 土井弘次 国土交通省九州地方整備局  
道路部長 挨拶

\*1 Hidenori HAMADA：九州大学大学院 工学研究院 社会基盤部門 教授

\*2 Hiroyuki ICHINOSE：オリエンタル白石(株) 福岡支店 技術部



写真 - 4 今永 博 北九州市副市長 挨拶

### 3. 開会式および特別講演

開会式では、井上 晋実行委員長の開会の辞として、これまでのシンポジウムの歩みや本シンポジウムの概要についての紹介があった。

次に、本工学会の西山峰広会長より、工学会の資格制度への取り組みや調査・研究、委員会活動が紹介されるとともに、本シンポジウムの開催にあたって関係諸団体、参加者各位へ向けた感謝の意が表明された。

最後に、来賓挨拶として、国土交通省九州地方整備局道路部長土井弘次様と、北九州市副市長今永 博様のお二方よりシンポジウム開催に対するご祝辞を頂戴した。

土井様からは、熊本地震から半年が経過し復旧から復興

表 - 1 日程表

日 時	プログラム				技術展示		
10月20日(木)	(会場：北九州国際会議場)				技術展示		
	10:00～12:00	ワケシヨップ (挨拶) シンポジウム実行委員会 副委員長 濱田 秀則 ・「高強度鉄筋緊張 PRC の研究と設計指針の作成委員会」委員会報告 委員長 鈴木 計夫, 委員 坂田 博史 ・ Topics in Precast/Prestressed systems in US high seismic regions President-CEO, The Consulting Engineers Group, Inc. Past Chair Technical Council, PCI Dr. Larbi Sennour ・環境先進都市 北九州市の歩みと地方創生の取組み 北九州市 副市長 今永 博 様				10:00	
	12:00～13:10(70分)	昼休み (70分)					
	シンポジウム開会式 (会場：北九州国際会議場)						
	13:10～13:15(5分)	開会式	開会の辞： シンポジウム実行委員会 委員長 井上 晋				
	13:15～13:20(5分)		挨拶：公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会 会長 西山 峰広				
	13:20～13:35(15分)		来賓挨拶： 国土交通省九州地方整備局 道路部長 土井 弘次 様 北九州市 副市長 今永 博 様				
	13:35～15:30(115分)	特別講演 I	CONDITION ASSESSMENT AND DURABILITY OF POST-TENSIONED BRIDGES SDR Engineering Consultants, Inc. Dr.Mohsen Shahawy				
		特別講演 II	長寿命 PC 構造物へーコンクリート構造物と長く付き合うために！ー 京都大学 学際融合教育研究推進センターインフラシステム マネジメント研究拠点ユニット 特任教授 宮川 豊章 様				
	15:30～16:00(30分)	休憩 (30分)				★オープン セレモニー	
16:00～18:00(120分)	(会場：西日本総合展示場 AIM 3F)						
10月21日(金)	18:00～18:15(15分)	セッション会場 1					
	18:30～20:30(120分)	セッション会場 2					
	9:00～11:00(120分)	セッション会場 3	セッション会場 4	9:00			
	11:00～12:10(70分)	セッション会場 1			※技術紹介		
10月21日(金)	12:10～14:10(120分)	セッション 5： 塩害・凍害・ASR	セッション 6： 床版橋	セッション 7： 緊張材・定着システム	セッション 8： PC床版 (2)	技術展示	
	14:10～14:40(30分)	休憩 (30分)					※技術紹介
	14:40～16:40(120分)	セッション 9： 補修・補強	セッション 10： 混和材料	セッション 11： 計画・設計	セッション 12： 橋梁施工 (1)		15:00
	16:40～17:00(20分)	CPD 認定証発行 (2日目のみ) 発行場所：受付					
	17:00～17:15(15分)	セッション 13： 維持管理					
	17:15～17:20(5分)	セッション 14： 実験・解析					
		セッション 15： 複合構造・合成桁					
	セッション 16： 橋梁施工 (2)						
	シンポジウム閉会式 (会場：セッション会場 1)						
	閉会式	授賞セレモニー					
		閉会の辞					

へ向かっていること、昨年度道路メンテナンス会議を発足し老朽化対策に取り組んでいること、また生産性向上・魅力ある建設現場を目指す i-Construction への取り組みについてご紹介いただいた。

今永様からは、北九州市が、G7 北九州エネルギー大臣会合や TGC（東京ガールズコレクション）などのコンベンションの誘致や MISE に力を入れていることなど、地方創生の成功モデルとしての取り組みについてご紹介いただいた。

特別講演は、SDR エンジニアリングコンサルタンツの Dr. Mohsen Shahawy 様より「CONDITION ASSESSMENT AND DURABILITY OF POST-TENSIONED BRIDGES」（ポストテンション方式 PC 橋の診断と耐久性）」と題して、また、京都大学特任教授の宮川豊章様より「長寿命 PC 構造物へ—コンクリート構造物と長く付き合うために！—」と題して、それぞれ 40 分、70 分のご講演をいただいた。

以下に、特別講演の概要を記す。

#### 特別講演 I 「CONDITION ASSESSMENT AND DURABILITY OF POST-TENSIONED BRIDGES」

米国では、構造的欠陥のある橋梁の割合が 12% 以上の州が多数ある。各州交通局の高速道路および橋梁プロジェクトに対する年間の総事業費は、平均して 52% を連邦資金が提供している。

米国資産台帳によると、2015 年末時点で、米国の橋梁数は 611 845 橋である。そのうちセグメント工法 PC 橋が 343 橋あり、橋面積では 3 599 522 m<sup>2</sup> に及ぶ。

米国の高速道路の主径間で使用される材料分布は、コンクリート 42%、鋼 31%、プレストレストコンクリート 22% である。その橋面積比率は、コンクリート 18%、鋼 45%、プレストレストコンクリート 35% となる。

橋梁に使用された材料と構造形式の組合せの年代別の比

率は、1800～1880 年までは木橋や組積造の橋が多くを占め、1960 年以降はコンクリート橋、鋼橋、PC 橋が占めている。

グラウトの目的は、PC 鋼材の腐食からの保護と部材コンクリートとの一体化である。コンクリートのひび割れ抑制や多重の防錆など、適切な建設により PC 鋼材が保護されれば、構造物は非常に長持ちする。グラウトは PC 鋼材にとって最後の保護層である。

#### (1) ナイルチャンネルズ橋、ミッドベイ橋の事例

ナイルズチャンネルズ橋は、1980 年代初頭に建設された橋梁で、フロリダ州で初めてセグメント工法により建設された PC 橋である。1999 年の定期点検の際に外ケーブルの破断が発見された。定着具内の PC 鋼材の腐食が破断の主な原因であることが分かった。

ミッドベイ橋は、橋長 5 876 m で 1 連が 6 径間連続（1 径間 41.48 m）から構成されるプレキャストセグメント工法のコンクリート箱桁橋である。2000 年 8 月の定期点検で、28 番目の径間にポストテンション PC 鋼材に不具合があった。ポリエチレンシースがひび割れ、いくつかのポストテンション PC 鋼材が破断していた。本橋梁が供用開始してわずか 7 年しか経過していなかった。

この 2 橋のグラウト問題により、米国の PC 橋には次のような懸念事項が生じた。PC 鋼材の状態、PC 鋼材が腐食した橋梁の余耐力、遅れせん断の懸念、点検手順の確立などである。

フロリダ州交通局はすべてのポストテンション方式 PC 橋の調査を以下の手順で実施した。

#### 1) 点検手順フェーズ I：踏査

- セグメント工法により建設されたすべての箱桁
- セグメント工法により建設されたすべての下部工
- ポストテンションバルブ T 桁および床版に上縁定着切欠きのある類似の構造

#### 2) 点検手順フェーズ II：詳細点検および詳細検査

- フェーズ I で分かったことをもとに、損傷位置と程度を特定する

詳細点検として、空洞を対象としたポストテンション PC 鋼材の打音調査、ポストテンション定着部のボアスコープによる調査、振動試験、視覚的な空隙調査、漏洩磁束法、超音波、インパクトエコー、電気抵抗などの非破壊検査を実施した。

漏洩磁束法は、PC 鋼材に腐食が生じている位置を発見することはできるが、PC 鋼材表面を直接確認しないと断面減少の程度は分からない。また、PC 鋼材に設置する磁気センサー位置のわずかな変化によって結果に影響する。

振動試験は、機械的な加振により PC 鋼材の振動応答を計測し、その結果を用いて PC 鋼材の張力を推定する。しかし、端部の固定条件、ダクトの状態、グラウトの質量が変化した場合は有効でないことがある。

それぞれの方法は部分的にのみ有効で、ひとつの調査や試験方法で、ポストテンション PC 鋼材腐食の完全な評価結果を得ることはできない。水分の通り道を見つけやすくするために、大雨の最中もしくは直後に検査を実施するこ



写真 - 5 Dr. Mohsen Shahawy  
SDR エンジニアリングコンサルタンツ  
特別講演 I

とは有効である。

### (2) サウグラスインターチェンジの事例

サウグラスインターチェンジはセグメントPC箱桁橋で、2000年2月の定期点検時に、セグメント継目部にエフロレンスを伴う漏水、遊離石灰が見られた。また複数セグメントで上部PC鋼材定着ブロックに漏水、エフロレンスが見られた。

予備調査として、グラウトの未充填の程度を確定するために削孔した孔に圧縮空気を注入した。それにより、グラウト未充填箇所があるシースの全長は118mであることが確認された。

補修は、削孔した孔にグラウト注入管を差し込み、エポキシ樹脂を注入して再グラウトを行った。

再グラウトには、圧力注入法と真空注入法がある。圧力注入法は、グラウト注入孔からグラウト未充填箇所に至る深さまで差し込んだ細い管により、正の圧力を作用させてグラウトを施工する工法である。真空注入法は、グラウト未充填箇所から空気を抜くことでつくり出した真空状態で、負の圧力によってアンカーヘッド内部にグラウトを注入する工法である。

### (3) エジソン橋の事例

エジソン橋はPC連続I型合成桁橋で、調査の結果、広範囲にわたりグラウト未充填箇所が発見された。これは当時のグラウト施工が不完全で、施工中の品質管理が不十分であったということである。グラウト未充填発生 の推定原因としては、過度なブリーディングと粗悪なグラウト材、グラウト施工中のシーソ内の阻害物、グラウト中に圧縮空気の空隙をもたらす、注入中のグラウトポンプ内で起こるキャビテーション現象であると考えられる。

### (4) US183PC橋、サンアントニオ“Y”橋、ネチズ川橋の事例

US183PC橋は、国道183号に位置しスパンバイスパンセグメント工法と交差道路部はカンチレバー工法で建設されたポストテンション方式PC橋で、1997年に供用を開始した、橋長8307m、218径間の橋梁である。

サンアントニオ“Y”PC橋は州間高速道路10号と35号の交差箇所位置スパンバイスパンによるセグメント工法で建設されたポストテンション方式PC橋で、1990年に供用を開始した、橋長22606m、757径間の橋梁である。

調査した結果、桁端横桁と偏向部コンクリートにひび割れ、シーソ接続部カバーの脱落、PEシーソのひび割れ、鋼シーソとポリエチレンシーソ接合部のネオプレン製カバー部でのグラウト噴出、気密性に欠けたシーソ、未硬化もしくは粉状のグラウトが見られた。

シーソ内の空隙にはブリーディング水の滞水があり、グラウト施工中の品質管理が不十分であった。また、粉状グラウトの原因は材料分離・塩化物の混入・中性化であると考えられる。

### (5) まとめ

調査より得られた知見を以下に記す。ポストテンションPC鋼材の腐食は、グラウトの未充填・ブリーディングなどで、水・酸素・塩化物の浸入を可能とする空隙の多いグ

ラウトにより発生する。

検討すべき課題は、材料・練混ぜ・注入に起因するグラウト問題がどのくらいあるのか、チクソトロピー性（揺変性）のあるグラウトを使用したポストテンション橋のうちグラウト関連の問題を抱えているのはどのくらいあるのか、グラウト関連の問題を抱えた橋のうち基準を十分に満たしていたのはどのくらいあるのか、を把握することである。

検討すべき対策は、材料のより厳格なグラウト受入検査規準の確立、グラウト施工手順の改善、シーソ接合部の二重密閉、水/セメント比の低減、グラウト注入速度の上限設定である。

行っていく対策は、体積の計量とその検証の実施、排出口を規準化する、注入口を複数化、資格者制度の確立や教育・訓練を実施することである。さらに、より点検しやすい交換可能なPC鋼材の開発、設計のディテールとその規準の改善、PCグラウト不要なグリースPC鋼材の使用、電氣的に絶縁されたPC鋼材、PC鋼材への陰極防食の使用、グラウト材へのワックスの使用などがあげられる。

このポストテンションPC橋に関する問題は、国家的な課題であり、国としての注意が必要である。適切で明確な規準、材料選定、施工における品質管理、設計手順の改善、適切な点検および維持管理、といったことが、課題を解決できると考える。

## 特別講演Ⅱ「長寿命PC構造物へ

### ーコンクリート構造物と長く付き合うために！ー

コンクリート構造物と長く付き合うとは、誰が付き合うのか？技術者でもあり、それを使っている市民でもある。また長く付き合うためには、コンクリート構造物が長持ちしなければならない。ここでは、技術者が長く付き合うという観点から、確かめる技術（検査・点検・診断）と作る技術（設計・施工・補修・補強）について話を進める。



写真 - 6 宮川豊章 京都大学 特任教授  
特別講演Ⅱ

(1) 丈夫で、美しく、長持ち

①地震が来ても、台風が来ても、あるいは津波が来ても壊れないあるいはうまく壊れる。②子孫代々にわたって誇りに思える美しさを保つ。③しかも長持ちしないとイケない。この3つがコンクリート構造物として持っていないとイケない性能である。そのような構造物は現にたくさんあると考えられる。

日本の本格的なインフラ整備は、名神の開通前後から始まり、それから50年以上の歴史を有していると考えられる。1953年建設の十郷橋（福井県）や、本格的なポストテンション工法の橋梁である1954年建設の第一大戸川橋（支間30m、信楽高原鉄道）は現在も使われている。

福岡トンネルのはく落事故では、コンクリート片が新幹線の屋根を直撃した。コンクリートが市民社会にとって重要であり、なおかつこのようなことが起こると大変なんだということがわかった非常に大きな事件であった。

山陽新幹線の床版下面のコンクリートのはく落について、鉄筋が腐食することによってかぶりコンクリートがほとんど落ちている。中性化と塩害の複合劣化で、海砂を使ったコンクリートが中性化を受けることによって鉄筋を腐食させたと考えられる。山陽新幹線はあとどれくらいもつのですか、と聞かれるが、土木学会の考え方からすれば、腐食が発生していることから寿命は超えている。多くの人、多くのお金、多くの時間をかけて手当てをしなければならない。長持ちする・しないではなく長持ちさせねばならない。

コンクリート構造物の耐久性の問題といえば、凍害と海洋コンクリートであった。しかし、それらは昔から検討されてきてある程度解決されてきた。また1970年ぐらいから海砂による塩害、床版疲労による床版陥没、1980年ごろから凍結防止剤による塩害、アルカリシリカ反応など、いろいろな課題がいろいろな場面で出てきた。それらを検討して、その結果により今のコンクリート工学があり、技術者が技術者として技術を高めることができた。

(2) 作ることと、確かめること

これまで話してきたいろいろな問題を解決を図るためには、次の2つことが必要である。それが作ることと確かめることである。

以前は、海砂の塩分量は計れなかったため、どれだけ減らしていいかわからなかった。計れるようになったことで塩分量は抑えられるようになった。塩分量を確かめるという技術によって塩分量を少なくするという技術が保証された。作ることと確かめることの両方がないと意味がないといういい例である。

そういう意味では、新設構造物と既設構造物は流れが違う。新設構造物は造りこなす技術がなければならない。既設構造物は点検・診断を行うことで判断をして補修・補強などの対策を施す。作る技術と確かめる技術によって使いこなすことができる。

次に、津波の被害を受けた橋脚と笹子トンネルを紹介する。前者は橋脚に作用する力を把握していなかった。後者は樹脂アンカーの5年後、10年後の性能の変化を把握していなかった。どちらも作用や性能の経時変化を確かめて

いかなかったことで生じた。

そのような作用と性能を考えるような研究は今までも行われてきた。凍害、塩害、中性化、アルカリシリカ反応、床版の疲労、化学的侵食の劣化メカニズムを紹介する。アルカリ骨材反応に関する国際会議（ブラジル）にてブラジルでもアルカリシリカ反応による鉄筋破断が報告された。

これらの性能の低下以上に作用の重要性がある。スウェーデンのストックホルム郊外に300年以上海水中に沈没しているVasa号は、海中の泥の中に眠っていたから復元して残すことができた。外側からの作用、環境を考えないと長持ちするしないの評価はできない。塩害でもどの程度塩分が供給されるのか、それがどの程度コンクリートの中に入るのかを把握しなければならない。

(3) 造りこなして、使いこなす

高速道路3社の資料より、鉄筋コンクリート橋とPC橋の健全度評価の割合と供用年数の比較を行った結果、PC橋のほうが悪くなるのが遅いことがわかった。また、凍結防止剤、交通量、内在塩分量、アルカリシリカ反応、飛来塩分が鉄筋コンクリート床版の主な劣化要因（約50%）となっており、これらの要因により劣化すると、寿命が短くなる。

作用と保有性能の関係を、並行して走る東北本線と東北新幹線の事例で紹介する。新幹線のほうが規準が古く被災したが、新しい基準の本線は被災しなかった、という例がある。経年劣化とは保有性能が低下する。劣化は、古い基準の構造物と同じと考えられる。震災を考えるにあたっては維持管理を忘れてはならない。

以下に構造物の維持管理の手順の概念とそれぞれの劣化に対する維持管理のあり方を示す。

1) 塩害：腐食ひび割れやかぶりコンクリートのはく落の発生は、耐荷力の低下のはるか手前で起こる。それを予測するのに赤外線サーモグラフィによる剥落予測がある。

また、5年に1度の近接目視点検について次世代目視点検（SIP）の紹介をする。腐食ひび割れ幅と腐食生成物の体積膨張率から腐食量を推定する。それにより断面減少率の推定ができる。その腐食量の大きさで、点検に戻るか対策へ進むかを判断する。どのような環境でどのような腐食生成物ができるかを明確にしないと腐食膨張倍率は設定できない。ひび割れ幅から腐食量を推定するときには電食試験による促進膨張ではできない。日本各地の環境条件、そこからどのような腐食生成物がおきるのか、その結果としてどのような腐食膨張倍率になるのかを実構造物から明らかにしようとしている。

腐食生成物と耐荷力は実測値と計算値で大きくバラツキがある。そのバラツキを腐食膨張倍率の違いによって補正できないか、ということをして現在行っている。その結果から腐食ひび割れ幅-腐食量関係を導入したのが維持管理フロー（案）である。このフロー案により診断することによって、補修・補強を行うことになる。補修・補強に期待する効果から工法を選定する（表面保護工や電気化学的防食工法など）。

2) アルカリシリカ反応は塩害と比べて定量的に確立さ

れていないことが多い。アルカリ骨材反応で耐荷力が落ちて取替えた事例はない。変形が大きくなって取替えている。アルカリ骨材反応でいろんな形のひび割れ部や欠陥部が生じるがそれを評価する指標がほしいということから、今最も精力的に行っているのが三次元弾性波トモグラフィである。コンクリート構造物の表面での弾性波速度を測定することで、アルカリ骨材反応によるひび割れ量を計測する手法である。

アルカリシリカ反応の速度を抑えたいなら、亜硝酸リチウム圧入を考えるのがよい。

### 3) グラウト問題

グラウト技術の変遷を紹介をする。1980年代半ばまでは意識を持って新しい技術開発は行われなかった。初期のころはグラウトにそれほど問題があり技術開発の必要性は認められなかった。グラウトにおいて、昔の構造物は今の構造物と比較していろんな形でリスクがあったとおもわれる。ここでPCグラウト充填不足発生リスク(案)を紹介する。定性的ではあるが、1986年以前の構造物は1つを除いてすべてのリスク要因でリスクが高いが、2003年以降の構造物はすべてにおいてリスクが低い。充填不足があっても腐食しないこともあるが、充填不足は情報として頭に入れておくべきものである。

当時のグラウトの再現実験を行うと、確かにこのようなグラウト充填不足が発生する。PCグラウト充填検査は、いくつかあるが広帯域超音波法が完璧ではないが一番良いようである。また、漏洩磁束法でPC鋼材の破断を探查することが可能である場合がある。グラウト問題はPC構造物の中で小さな部分であるにも関わらずきわめて重要な部分である。従来は一番最後に時間に追われてやっていた。今後はそういうことはあってはいけない。

どのような点検・診断手法を用いるのか、あるいは補修補強をするのかを確立していく必要があると考えている。今の段階での取りまとめをしているものが、PC工学会の委員会報告となっている。

### (4) 時空間シナリオ～シナリオデザイン

土木技術者は、空間シナリオは得意であるが、5年後に災害が来たらどうなる、10年後に来たらどうなるかに関しては得意ではなかった。軍艦島では、塩害により構造物の劣化が激しく耐荷力が落ちているが、それ自体が悪いわけではない。この建物にいったいどういう生涯を送らせようと考えていたか、軍艦島の建物は石炭がとれさえすればよかった、石炭をとらなくなったらその構造物はいらなくなった、だとすれば石炭をとらなくなった時点でそれは壊れてもいい。その構造物にどのようなシナリオを要求するのか、それによって評価は変わってくる。

内閣府総合科学技術会議でストックマネジメント技術に関する勉強会がある。社会資本には選択と集中が必要であり、そのためには、戦略的維持管理シナリオをデザインしなければならない。その結果としてリスク管理ができる。メリハリのあるマネジメント、大事なものは大事、そうでないものはそれなりにということである。

最後に、皆さまがコンクリート構造物のシナリオを考え

てそのための技術を体系立てていくことを期待する。

## 4. ワークショップおよび技術展示会

### 4.1 ワークショップ

シンポジウムの開会式に先立ち、10月20日の午前中に開催された。講演題目を以下に列記する。

- 1) 「高強度鉄筋緊張 PRC の研究と設計指針の作成委員会」  
委員会報告  
鈴木計夫委員長、坂田博史委員
- 2) 「Topics in Precast/Prestressed systems in US high seismic regions」  
The Consulting Engineers Group.Inc Dr. Larbi Sennour
- 3) 「環境先端都市北九州市の歩みと地方創世の取組み」  
北九州市 今永 博

### 4.2 技術展示会

技術展示はAIM3階で開催された。今回の技術展示会には、40団体から参加いただいた。内訳は、管理者が2団体、大学と民間の共同団体が1団体、研究所、協会・研究会が11団体および民間企業が26団体であった。それぞれの展示ブースとも趣向を凝らした展示内容で、技術情報の提供やPRを行っていた。

また、会場の一角にプレゼン用のスペースを設置し、ブースに展示された技術の紹介を行った。各団体とも独自技術のアピールを積極的に行い、活発な意見交換が行われた。

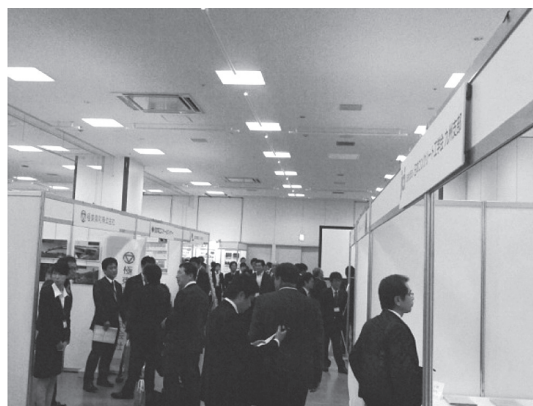


写真 - 7 技術展示会場



写真 - 8 技術展示出展者による技術紹介

## 5. 一般講演セッション

特別講演に引き続き、一般講演セッションが開催された。今回のシンポジウムにおいては、43編の論文、100編の報告および3編の研究紹介の合計146編が4会場16セッションに分けて発表された。以下に座長・副座長から頂戴した各セッションの概要を報告する。

### 《セッション1：施工技術》

座長：重石 光弘 / 副座長：鈴木 宣政

セッション1では、施工技術に関する論文3編、報告7編が発表された。

PC部材を対象としたコンクリートの振動条件下における配合特性や充填性に関する実験的研究、PC配合における再振動締固めの方法の違いが硬化後の物質移動に与える影響に関する実験的研究、プレテンションT桁やポストテンションPC箱桁の高耐久化への取組みに関する報告、PC上部工工事におけるCIMの活用事例、現場条件を考慮したT桁橋の合理化施工の事例、都市内高速道路における床版拡幅工事や既設橋脚の拡幅工事に関する報告、ダム湖における仮橋施工に関する報告など、内容は多岐にわたる。

いずれの発表も施工における諸課題に対して、解決策や技術開発が実施されており、PC構造物だけでなく、今後の多くのコンクリート構造物の計画、設計、施工に大変参考となる内容であった。部材の製造時や構造物の施工時におけるコンクリートの品質が将来の維持管理に大きく影響することから、本セッションで報告された各施工技術のますますの発展が期待される。多くの聴講者の参加とともに活発な質疑が行われ、大変有意義なセッションであった。

### 《セッション2：建築》

座長：小山 智幸 / 副座長：高津 比呂人

セッション2では、建築に関する論文5編と施工報告5編の計10編の発表がなされた。

論文は、PC柱のM-N相関曲線の近似方法、PC骨組みの復元力特性に関する研究、プレキャストPC骨組みの振動台実験のシミュレーション解析、アンボンドPC壁の振動台実験の評価、アンボンドPC壁の静的加力実験結果の報告に関するものであった。いずれの研究結果も今後のPC建築の設計や計画に取り入れるべき有用なものであり、今後さらなる検討が進められることが期待される。

施工の報告では、敷地の制約や工期の制約があるなか、いずれもプレキャストを有効に活用し、見た目にも美しい建築を実現した例が紹介された。省人化や効率化への取組みが急務である今の社会状況のなかで、今後ますますプレキャストPC建築の重要性が増してくると考えられるが、本セッションで報告された内容は大変有用であり、広く水平展開されるべきものであった。

発表数が多く、質問時間が短かったものの、質疑応答が活発に行われ、有意義なセッションとなった。

### 《セッション3：グラウト・混和剤》

座長：李 春鶴 / 副座長：福地 啓太

セッション3では、グラウトおよび混和剤に関する論文6編、報告2編、研究報告1編の合計9編が発表された。

グラウト充填不足部に関する発表があり、PC鋼材の腐食メカニズム、弾性波法初動部による充填不足部の検出方法、既設桁の補修（注入量推定と補修材について）、亜硝酸リチウム水溶液を用いた再注入の施工、亜硝酸リチウム補修材の防凍性能と強度発現性について報告がなされた。

セッション後半には、イオン交換樹脂を混和したグラウトの配合、尿素を用いたグラウトの特性、C-S-H系早強剤を用いたモルタルの硬化特性と蒸気養生の関係、硬化促進剤・速硬性混和材の早強ポルトランドセメントへの適用性などについて報告がなされた。

グラウト充填不足部に関する検査からPC鋼材の耐久性、補修方法のほか、さまざまな混和剤のグラウトやコンクリートへの適用性などについて述べており、いずれの発表もPC構造物の維持管理・合理化に直結する実用的な内容であった。実務者、研究者双方から活発な討議があり、講演時間が不足するほど充実したセッションとなった。

### 《セッション4：PC床版(1)》

座長：尾上 幸造 / 副座長：上田 高博

セッション4では、PC床版の新設施工や拡幅の工法開発に関する報告4編、部分補修したPC床版や新たな材料（軽量骨材、高炉スラグ、UFC）を用いたPC床版の耐荷性・耐久性に関する論文4編の計8編が発表された。

長期供用された橋梁などのインフラ構造物への対応として、既設床版の補修・補強技術や、高耐久・長寿命な物への更新技術が注目されている昨今の状況を反映し、本セッションの会場には多数の聴講者が集まった。また、各発表に対し、インフラ施設の管理者や同種の研究開発、設計、建設を行う参加者から熱心な質問が寄せられ、有意義な質疑応答、意見交換が行われた。

今回の発表や会場の声から、床版の改修・更新・新設においては、材料や構造、設計手法の確立、施工性、コスト面など、実用化や普及に向けてさらなる研究開発を進めるべき事項もあり、今後も継続して注目される分野であることがうかがえた。



写真 - 9 セッション会場風景 1

### 《セッション5：凍害・塩害・ASR》

座長：審良 義和 / 副座長：藤代 勝

セッション5では、取替え撤去した桁の詳細調査に関し

て報告が2編、凍害・塩害・ASRによるコンクリート劣化に関して論文が7編の合計9編が発表された。

報告2編の発表内容は、塩害劣化のため撤去した桁に關し、かぶりや塩化物イオン含有量から、施工当時の塩害対策の効果を確認したものと、グラウトの充填状況に関する調査報告であり、今後の調査・診断のために貴重な報告であった。凍害に関する論文1編は、フライアッシュコンクリートの凍害に対する振動締め固めの影響について紹介されており、新たな知見が与えられたものであった。塩害に関する論文2編は、ひび割れ幅が変動するPRC部材の塩分浸透、腐食による鋼材膨張を光ファイバセンサを用いて検知するものであり、腐食に関する最新知見とモニタリング技術の最先端が紹介された。ASRに関する論文4編は、長期にわたる変形挙動予測、ひび割れ発生とプレストレスの関係、高炉スラグのPC部材への適用性などが紹介され、今後、検討が必要な課題に対し貴重な情報が発表された。

いずれの発表においても最新技術や検討結果に対して質疑応答が活発に行われ、多くの参加者の関心が高かったことがうかがえるセッションであった。

#### 《セッション6：床版橋》

座長：三方 康弘 / 副座長：栃木 謙一

セッション6では、床版橋に関する9編の報告が発表された。

発表内容は、耐震性および維持管理性の向上を目的に27径間を連続化した計画・設計に関する報告、柱頭部付近に下床版を設けた2主版桁橋の設計・施工に関する報告、桁高を低く抑えた歩道橋への場所打ち高強度コンクリート（設計基準強度70 N/mm<sup>2</sup>）の適用に向けた検討に関する報告とその高強度コンクリートの適用および台船による桁架設に関する報告、道路上での広幅員中空床版橋のジャッキダウンに関する報告、大型移動支保工による2主版桁橋の施工に関する報告、工期短縮や施工の効率化を目的とした既設桁上の移動支保工通過に関する報告、多点固定構造を有する多径間連結桁橋の施工に関する報告、廃瓦骨材を使用したPC橋の施工に関する報告と多岐にわたっていた。

いずれの報告も床版橋の設計・施工を進めていくうえでさまざまな課題に対する検討内容や施工事例が分かりやすく紹介されるとともに、質疑応答も活発に行われ、有意義なセッションとなった。

#### 《セッション7：緊張材・定着システム》

座長：伊藤 陸 / 副座長：松岡 勤

セッション7では、緊張材に関する論文3編、報告5編、定着システムに関する報告1編の合計9編が発表された。

発表内容は、腐食PC鋼材を模擬したPC鋼より線の力学的性質に関する研究、グラウト充填不足によるPC鋼材の腐食や破断を模擬したPC梁の耐荷特性に関する研究、実橋での漏洩磁束法によるPC鋼材の非破壊調査に関する報告、光ファイバーによるPC鋼材張力の計測技術に関する研究、建設から25年経過したアラミドFRPロッドを緊張材に用いたPC橋の健全性に関する調査報告、ステレオカメラを用いた画像処理技術による緊張材伸び測定システムの開発、エポキシ樹脂被覆を施した7本より21.8 mm

の高強度PC鋼より線の開発、マルチワイヤーケーブル12φ5 mmの中間定着工法の開発と非常に多岐にわたるものであった。

いずれの発表においても、研究、調査、開発に関する貴重な情報が分かりやすく紹介され、聴講者にとって有益な知見が得られる有意義なセッションとなった。

#### 《セッション8：PC床版(2)》

座長：田中 良樹 / 副座長：片 健一

セッション8では、PC床版に関して論文3編、報告5編、研究紹介1編の合計9編が発表された。

本年は同トピックに関して2セッション設けられており、その投稿数からもプレストレストコンクリートに関わる事業者や団体が、インフラの大規模修繕や更新といった近年の社会的要請に関して多くの活動を行っていることを如実に表しているといえる。本セッションでは床版と鋼桁の接合構造の開発に関する論文や研究紹介が3編、フライアッシュを用いて高耐久化を図った床版開発の研究論文が1編、UFCによるプレキャスト床版の開発に関する報告が2編、床版の取替工事の報告が3編が発表され、今後の事業規模の拡大を見すえた合理性や耐久性を求めた開発実験から、すでに行われている実構造物の工事での課題や施工面でのポイントなどPC床版に関して多岐にわたる内容となった。

参加者の関心も非常に高く、開始時間の早いセッションにもかかわらず、会場には多くの聴講者が集まった。いずれの発表においても質疑応答でも活発な意見交換が行われ、講演者、聴講者ともに、設計面や施工面においてPC床版の合理化を進めようという同じ目的をもっていることが感じられた有意義なセッションとなった。

#### 《セッション9：補修・補強》

座長：日比野 誠 / 副座長：横田 稔

セッション9では、補修・補強に関する論文2編、報告8編の発表が行われた。

論文は、メッシュ系補強材料のひずみ分散効果の評価、表面含浸材の併用法における施工性の検討について発表がなされた。

PC桁橋の補修・補強として、PC単純床版橋の電気防食工事、PC連結合成桁橋の補修、単純PCポステンT桁橋の床版上面補強について報告があった。PC斜張橋の耐震補強に関して、制震ダンパー取付工、アラミド繊維シート巻立て工法の報告が行われた。また、都市高速道路橋の補修補強として、炭素繊維シート貼付工の報告があった。PCタンクの耐震補強としては、炭素繊維シート接着工、外巻きPC鋼材による横締め補強の報告がなされた。いずれにも事前調査・計画の重要性が報告されていた。

昨今のコンクリート構造物の老朽化を踏まえて、会場には多くの聴講者がおり、補修・補強技術の重要性を改めて認識できるセッションとなった。

#### 《セッション10：混和材料》

座長：佐川 康貴 / 副座長：梅本 洋平

セッション10では、各種混和材料を用いたコンクリートの諸特性に関して6編の報告と、3編の論文が発表された。

高炉スラグ微粉末およびフライアッシュを用いたコンク



リートについては、配合、混和材料の品質、養生および暴露環境などの条件が、圧縮強度、ひび割れ強度などの力学的性質や、塩化物イオン浸透、ASR劣化、中性化、凍害に対する抑制効果といった耐久性に及ぼす影響について、これまでの試験により得られたデータや知見が報告された。

そのほかには、銅スラグ細骨材を用いたコンクリートのフレッシュ性状や耐久性、石灰石微粉末の粒度がコンクリート強度および環境に及ぼす影響、について実用化を含めた試験結果が報告された。

コンクリート材料の品質の変化や、インフラの維持管理の重要性が注目されている昨今において、これらの研究により得られた貴重なデータの蓄積は重要であるとともに、今後の評価手法への反映は大いに期待されるところである。また、本セッションは、今回のシンポジウムで唯一海外からの発表もあり、幅広い参加者からの活発な質疑が交わされた非常に有意義なセッションであった。

#### 《セッション 11：計画・設計》

座長：石川 靖晃 / 副座長：松橋 宏治

セッション 11 では、PC 構造物の計画、設計に関連した 10 編の発表が行われた。前半 6 編は PC 道路橋に関し、橋梁の両端で地盤種別の異なるラーメン橋の耐震設計報告 1 編、鉄道直上部の施工条件に対応した連続箱桁の設計報告 1 編、ランプ分合流部を含む橋梁で、主桁や箱桁の中ウェブが不連続となる箇所にて 3 次元 FEM を用いて妥当性を確認した設計報告 2 編、曲線箱桁の腹圧力による影響について 3 次元 FEM を用いて合理化を図った設計報告 1 編、遊水地上空という特有の条件下で架橋される橋梁の設計報告 1 編がなされた。

後半 4 編は PC 鉄道橋に関し、実車走行試験の計測結果と設計衝撃係数との比較に関する報告 1 編、補強盛土 (GRS) 一体橋梁に対し、PC 桁を適用して長スパン化を図った設計事例 1 編、およびその接合構造 (PC 上部工と RC 下部工) に関する実験報告 1 編、既設 PC 連続箱桁橋の免震支承化による地震対策に関する報告 1 編がなされた。特殊構造の設計事例や新構造形式の開発およびその設計事例、さらには既設構造物の耐震補強まで報告内容が多岐にわたっており、会場から多くの質問が得られた充実したセッションであった。



写真 - 10 セッション会場風景 2

#### 《セッション 12：橋梁施工 (1)》

座長：岡本 大 / 副座長：鈴木 聡

セッション 12 では、橋梁施工に関する 8 編の報告が行われた。全 8 編のうち、7 編が新設に関する報告で 1 編が補修補強に関する報告であった。

新設の報告 7 編のうち、2 編が T 桁橋、5 編が箱桁橋に関する工事報告で、周辺環境対策 (騒音、交通規制)、架設機材の工夫、長期耐久性の向上対策、マスコンクリートのパイプクーリングの報告およびトータルステーションを用いた床版および横締め PC 鋼材の高さ管理と多岐にわたる内容であった。また、補修補強に関する報告は、箱桁橋のゲルバー連結に関する工事報告で、橋梁部の外ケーブル補強、ゲルバー支承切断および支承取替えに関する報告であった。

いずれの報告も、周辺環境や構造形式など、橋梁ごとに異なる課題に対する検討結果や対策が分かりやすく紹介されていた。セッション会場も聴講者で満員となり、橋梁施工に対する関心の高さがうかがえた。とくに、コンクリートの品質管理に関して会場の関心が高く、質疑時には、品質管理方法から今後の品質管理に至るまで議論がおよび、非常に有意義なセッションであった。

#### 《セッション 13：維持管理》

座長：一宮 一夫 / 副座長：大木 篤

セッション 13 では、維持管理に関する 9 編の発表が行われた。内容は、維持管理に対する課題が 1 編、変状に対する原因推定が 2 編、点検マニュアルの策定が 2 編、非破壊検査技術を用いた検証が 2 編、健全度調査が 1 編、補強工法の検証が 1 編と多岐にわたるものであった。

維持管理に対する課題では、斜材システムの点検方法と維持管理に関する課題の報告、変状に対する原因推定では、曲線橋および連続ラーメン橋に生じた変状の原因推定に関する報告、点検マニュアル関連では特殊橋梁の点検マニュアル策定に関する報告、非破壊検査技術を用いた検証では、SIBIE 法を適用した床版内部剥離部の検出や表層透気試験方法に関する報告、そのほか、被災 PC 桁の健全度調査結果の報告、地下構造物に対するせん断補強効果の確認に関する報告がなされた。

維持管理はインフラ資源を有効活用していくうえで重要かつ関心の高い分野であり、本セッション会場には多く聴講者が集まった。いずれの発表においても活発な質疑や討議が行われ、非常に有意義なセッションであった。

#### 《セッション 14：実験・解析》

座長：伊藤 幸広 / 副座長：妹尾 正和

セッション 14 は、セッション名が実験・解析というタイトル通り、発表内容は多岐にわたった。

発表数は、全体で 9 編で、大きく分けると橋梁関連についての実測・実験が 3 編、コンクリート材料関連が 2 編、力学的性状関連が 2 編、解析関連が 2 編であった。

橋梁関連では、建設後 50 年以上経過した PC 道路橋の耐荷性能評価、5 年間実環境に暴露した PC 上部工の実物大供試体の乾燥収縮ひずみ、および季節変動に伴う外ケーブルの挙動に関する実測結果が報告された。

コンクリート材料関連では、練上がり温度がコンクリートの強度・耐久性に及ぼす影響、およびスーパー繊維で補強した高強度コンクリートに関して発表された。

力学的性状関連では、破断した PC 鋼材を有する PC 梁の力学的性状、およびコンクリート内部のシースの付着性能試験方法に関して発表された。

解析関連では、マスコンクリートにおける循環パイプクーリング解析手法、および時間依存型構造解析手法による RC 梁部材の数値解析について発表された。

いずれの発表においても活発な質疑応答が行われ、非常に有意義なセッションであった。

#### 《セッション 15：複合構造・合成桁》

座長：田中 泰司 / 副座長：星野 展洋

セッション 15 では、鋼・PC 混合桁橋の報告 2 編、波形鋼板ウェブエクストラード橋（生野大橋）の報告 3 編、合成桁（コンポ）橋の報告 4 編の計 9 編が発表された。

混合桁橋の 2 編では、共に鋼殻セル部の課題に着目し、セル内部の充填性や構造安全性の解析的検討に関する報告があった。生野大橋の 3 編では、柱頭部の押し出し施工の FEM 解析に基づく施工計画と押し出し装置の施工管理についての報告、破砕帯を考慮した地盤モデルを用いた地震応答解析の報告、張出し架設時の打継目と張出し床版先端部に生じる引張応力について温度応力解析の検討報告がなされた。後半 4 編では、供用中の道路が隣接する厳しい施工環境での PC コンポ橋の安全対策、品質対策などの報告が 2 編、PC U コンポ橋における横桁背面の緊張時応力の検討とセグメント製造の工夫、および架設時応力や緊張手順の検討報告 2 編がなされた。座長の総括では、複数報告された高度な解析検討の現状を、現行の技術基準などに反映していくべきではないかというコメントもあった。講演中は、聴講者から多くの質問が出され、活発なセッションとなった。

#### 《セッション 16：橋梁施工(2)》

座長：呉 承寧 / 副座長：相浦 聡

セッション 16 では、橋梁施工技術に関する合計 9 編の報告がなされた。内訳は、場所打ち施工 6 編、プレキャスト 2 編、品質管理 1 編であった。

場所打ち施工として、寒冷地での PC ラーメン箱桁橋における張出し施工時のコンクリート・PC の耐久性向上策や、湯水期施工がクリティカルとなる PC 連続箱桁橋における工期短縮策、左右ブロック数が不均等張出しとなる PC 連続ラーメン箱桁橋における外ケーブルやグラウトに関する工夫、国内最大級の張出し施工長を有する PC 連続ラーメン箱桁橋における波型鋼板ウェブを用いたブロック長の延長や軽量化の工夫、河川の制約を受ける広幅員 PC 連続箱桁橋における張出し架設の工夫、急曲線形状となる PC 連続箱桁橋における外ケーブル緊張の影響評価などが報告された。

プレキャスト技術として、送電線に近接する条件下での多径間連結ポステン T 桁橋における主桁組立・架設時の安全対策、スパンバイスパン架設工法を適用した世界最大級の支間での施工技術が報告された。また、品質管理とし

て、傾斜部材の施工方法と耐久性評価について報告された。かぎられた時間ではあったが、いずれの発表においても、活発な議論が展開されたセッションであった。

## 6. シンポジウム関連現地視察

本シンポジウムの開催の前日（平成 28 年 10 月 19 日）に、八幡製鐵所の高炉・圧延工場見学、世界文化遺産官営八幡製鐵所旧本事務所の眺望、紫川橋梁群の視察などが開催された。18 名の方に参加をいただき、また北九州市職員様からの事業報告も行われ、およそ半日の工程で、シンポジウム関連現地視察を行った。



写真 - 11 シンポジウム関連現地視察

## 7. おわりに

本シンポジウム恒例となった一般講演の「優秀講演賞表彰制度」、栄えある受賞者 18 名は以下のとおりである。その栄誉を称えたい。

セッション 1	： 施工技術 極東興和 (株)	江見 和紀
セッション 2	： 建築 (株) 建研	竹内 寿文
セッション 3	： グラウト・混和剤 BASF ジャパン (株)	小山 広光
セッション 4	： PC 床版 (1) (株) IHI インフラ建設	小林 崇
セッション 5	： 凍害・塩害・ASR プレストレスト・コンクリート 建設業協会	國富 康志 日本大学 齊藤 準平
セッション 6	： 床版橋 川田建設 (株)	高岡 努 川田・安部日鋼・富士ピー・エス JV 鈴木 聡
セッション 7	： 緊張材・定着システム 極東鋼弦コンクリート振興 (株)	菊池 厚
セッション 8	： PC 床版 (2) 大成建設 (株)	北村 健
セッション 9	： 補修・補強	

○ 会議報告 ○

	関西大学	鶴田 浩章
セッション 10	：混和材料 （国研）土木研究所	栗原 勇樹
セッション 11	：計画・設計 （独）鉄道・運輸機構	進藤 良則
セッション 12	：施工橋梁(1) （株）ピーエス三菱	高島 秀和
セッション 13	：維持管理 （株）富士ピー・エス	山田 雅彦
セッション 14	：実験・解析 太平洋セメント（株）	東 洋輔
セッション 15	：複合構造・合成桁 （株）ピーエス三菱	岩井 利裕
セッション 16	：施工橋梁(2) （株）富士ピー・エス	萩尾 千種

受賞対象者は、投稿時に 50 歳未満の正会員で、論文や報告の内容、講演や質疑が簡潔明瞭で優れた方とし、各セッションから選出された。受賞者には閉会式で賞状と楯が授与された。



写真 - 12 優秀講演賞受賞者

本年のシンポジウムは、4月に起きた熊本地震のあと、九州全体が一致団結して復旧から復興に取り組んでいこうとしている時期での九州開催となった。また、シンポジウム期間中の10月21日14時07分に最大震度6弱の鳥取中部地震が起こり、本会場付近でも震度2の揺れがあったが、幸いにも進行への影響がなく滞りなく開催することができた。そういうなかで、一般講演者146名、一般参加者360名、技術展示参加者40名（40団体）、後援参加者49名、その他参加者を合せ総勢627名におよぶ多数のご参加をいただいた。全体の参加者数は、北陸新幹線開業で沸いた昨年の富山大会と同程度となっており、学校関係者による意欲的な参加の賜物であると感謝したい。

次回のシンポジウムは、平成29年10月26日（木）・27日（金）に兵庫県神戸市の「神戸ファッションマート」に

おいて開催予定である。500名を超える参加で大盛況であった懇親会の席上、濱田秀則実行副委員長から本シンポジウムポスターのグランプリ受賞者の紹介、岸本一蔵次期実行委員会委員長から神戸ポスター入選作・グランプリ作品の発表があり、引き続き神戸のPRがなされ、次なる開催への一歩を踏み出した。神戸は、平成7年1月17日の阪神・淡路大震災から20年以上経過した今、景観や街並みなどの豊富な観光資源を活かした観光都市として復興した街である。今回に引き続き、多くの参加者が得られることを期待してやまない。



写真 - 13 懇親会

最後に、本シンポジウム開催にあたりご支援をいただいた北九州市、（公財）西日本産業貿易コンベンション協会の皆様方に深く御礼申し上げる。

また、シンポジウムの運営にご尽力いただいた実行委員会、幹事会、論文審査部会、総務WG、広報WG、学術WG、現地WG、プレストレスト・コンクリート建設業協会九州支部の関係各位に謝意を表し、本報告を終える。



写真 - 14 シンポジウム運営関係者

【2016年11月22日受付】